

La potenciación post-activación en el salto vertical: una revisión Post-activation potentiation in vertical jump: a review

*Moisés Picón-Martínez, *Iván Chulvi-Medrano, *Juan Manuel Cortell-Tormo, **Luis Alberto Cardozo
*Universidad de Alicante (España), **Corporación Universitaria CENDA (Colombia)

Resumen: La potenciación post-activación (PPA) ha demostrado ser una estrategia efectiva para incrementar el rendimiento de actividades de fuerza explosiva posteriores. El objetivo del presente trabajo fue revisar la literatura científica para conocer la metodología más efectiva en la obtención de PPA en el salto vertical. Se llevó a cabo una revisión en Medline, Scielo y SportDiscus hasta el 30 de Julio de 2018. Fueron mantenidas las directrices para el diseño de revisiones establecidas por PRISMA. La revisión localizó 37 estudios (n=659). Las investigaciones disponibles sugieren que la PPA se puede obtener mediante la aplicación de diferentes metodologías, siempre y cuando se respeten los siguientes parámetros apropiados: a) tipo de ejercicio y medio utilizado; b) intensidad y volumen del esfuerzo; c) descanso post-esfuerzo. La adecuada manipulación de estas variables permitirá incrementar el rendimiento explosivo en sujetos entrenados. No obstante, futuras investigaciones son necesarias para establecer una metodología que permita obtener PPA en menor tiempo y con mayor duración de sus efectos.

Palabras clave: potenciación post-activación, salto vertical, entrenamiento complejo, altura de salto, mejora de la fuerza.

Summary: Post-activation potentiation (PAP) has been confirmed to be effective to increase the performance in subsequent activities of explosive power. The aim of this study was to review the scientific literature to determine the most effective methodology to obtain PAP on vertical jump. A review was carried out in Medline, Scielo and SportDiscus until 30 July 2018. The PRISMA design guidelines for reviews were maintained. In the review we found 37 studies (n = 659). The available researches suggests that PPA can be obtained by the application of different methodologies, as long as the following appropriate parameters were respected: a) type of exercise and medium used; b) effort intensity and volume; c) post effort rest. Proper design of these variables will increase the explosive performance in trained subjects. However, further researches are needed to establish a methodology to achieve PAP in less time and with greater duration of its effects.

Keywords: post-activation potentiation, vertical jump, complex training, jump height, force enhancement.

Introducción

Muchas disciplinas deportivas requieren de una elevada producción de fuerza explosiva para realizar algunas de sus acciones, como por ejemplo para el salto vertical.

En este sentido, en una reciente revisión, Martínez-Rodríguez, Mira-Alcaraz, Cuestas-Calero, Pérez-Turpín & Alcaraz (2017) han destacado la importancia del rendimiento del salto vertical en el voleibol, haciéndose necesario un adecuado entrenamiento y optimización de esta capacidad. Con el fin de mejorar dichos gestos, comúnmente se adoptan diversas estrategias. Una de ellas consiste en estimular un fenómeno denominado Potenciación Post-Activación (PPA), el cual incrementa transitoriamente la producción de fuerza explosiva tras un estímulo excitador que requiera de una contracción máxima o cercana a la máxima (Hodgson, Docherty & Robbins, 2005). Esta modificación parece venir dada por el historial contráctil, encontrando un *continuum* marcado por dos extremos, por un lado la fatiga y por otro la PPA (Sale, 2002). Por tanto, la PPA se define como un incremento transitorio de la fuerza muscular tras una actividad contráctil previa (Sale, 2002). La forma de obtener dicha contracción ideal u óptima es motivo de debate y requiere de mayor investigación al respecto. Esta incertidumbre se debe a que los mecanismos fisiológicos subyacentes aún permanecen desconocidos, no obstante, se han destacado dos:

a) La fosforilación de las cadenas ligeras de miosina, debido a que vuelven la interacción actina-miosina más sensible a la liberación de calcio del retículo sarcoplasmático (Sale, 2002).

b) El incremento de la excitabilidad de las motoneuronas, evidenciado por la amplitud del reflejo H (Robbins, 2005).

Este fenómeno parece ser más evidente sobre las motoneuronas rápidas, por lo que se puede presuponer que las actividades explosivas llevadas a cabo tras la evocación de la PPA serán las que más se beneficien de este fenómeno (Sale, 2002). Así, por ejemplo, se ha demostrado que cuando se produce la PPA se incrementa el rendimiento en el salto (Gouvêa, Fernandes, César, Silva & Gomes, 2013), aunque recientemente este fenómeno también ha despertado el interés por su influencia en actividades de resistencia (Mettler & Griffin, 2012).

La metodología sobre el estímulo ideal para desencadenar la PPA en

el músculo esquelético del ser humano resulta amplia y genera algunas cuestiones que deberían ser resueltas (Sale, 2002):

- Nivel de actividad contráctil previa, para obtener la mayor PPA con la menor fatiga. Ambos factores coexisten y deben gestionarse adecuadamente para evitar interferencias.

- Tiempo de descanso óptimo entre la actividad de acondicionamiento previo y el esfuerzo de fuerza explosiva. A este respecto parece conocerse que los efectos comienzan a disiparse transcurridos 30 minutos, siendo el tramo de los 7 a los 10 minutos posteriores al acondicionamiento el momento óptimo para la máxima producción de fuerza explosiva (Tillin & Bishop, 2009). En el caso particular del rendimiento del salto, Gouvêa et al. (2013) encuentran que el rango óptimo debería estar comprendido entre 8 y 12 minutos.

- Se debe asumir una variabilidad biológica inter-individuo, atribuida a factores como la composición del tipo de fibra muscular y el estatus de entrenamiento (Robbins, 2005).

Por ende, en la literatura disponible se encuentran diversas metodologías que pretenden obtener la PPA, involucrando desde contracciones voluntarias próximas a la máxima (Vandervoort, Quinlan & McComas, 1983), aplicando electroestimulación (Maffiuletti, Pensini, & Martin, 2002) y/o también estímulos vibratorios (Turner, Sanderson & Attwood, 2011), entre otras.

El objetivo de esta revisión fue examinar la eficacia de las diferentes metodologías utilizadas para provocar la PPA con la intención de alcanzar mejoras significativas en el salto vertical.

Metodología

Esta revisión fue llevada a cabo teniendo en cuenta los criterios y recomendaciones de la guía PRISMA (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman & Group, 2010). Además, las búsquedas manuales fueron realizadas en base a las listas de referencias de otras revisiones y meta-análisis.

La figura 1 resume los resultados de la búsqueda en las bases de datos que fueron incluidas en la presente revisión. Se incluyeron estudios publicados en revistas científicas con procesos de revisión doble ciego y por pares en inglés y español.

Los criterios de elegibilidad utilizados en la presente revisión fueron los siguientes:

Tipos de estudios e intervenciones

Se incluyeron en el presente análisis los ensayos que fueran publi-

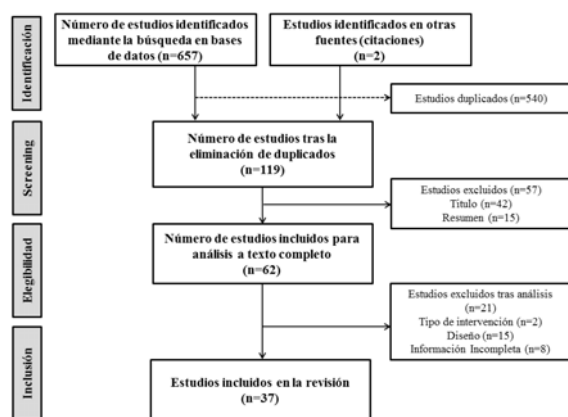


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA para la búsqueda y selección de artículos.

cados en inglés o en español.

Características de los participantes

Los sujetos incluidos en los estudios debían ser deportistas mayores de edad (> 18 años) con al menos 1 año de experiencia en entrenamiento.

Características de las variables medidas

La presente revisión incluye estudios que hayan tenido como variable dependiente la capacidad de salto vertical.

Estrategia de búsqueda de estudios

Los estudios fueron obtenidos desde diversas bases de datos digitales incluyendo *Medline*, *Scielo*, y *SportDiscus*. La búsqueda combinó las palabras clave «*post activation potentiation*»; «*vertical jump*» así como «*vibration*» OR «*whole body vibration*», «*electrostimulation*» OR «*electromyostimulation*». Además, se llevó a cabo una búsqueda manual de los estudios incluidos en las referencias de los estudios obtenidos en la estrategia de búsqueda.

Del total de referencias obtenidas en la búsqueda, se seleccionaron aquellas que cumplían con los criterios de inclusión a partir de la lectura de los títulos y resúmenes. A continuación, se obtuvieron los textos completos de los artículos seleccionados. La última búsqueda electrónica se llevó a cabo el 30 de julio de 2018.

Selección de los estudios

Para estandarizar la calidad de los estudios seleccionados se utilizó la escala PEDro. Siendo establecido un valor mínimo de 8 para la inclusión en la revisión. Inicialmente los estudios fueron seleccionados en base a la afinidad del título o del resumen con el tema a analizar en la presente revisión. Posteriormente, tres revisores (MPM, IChM, LAC), realizaron una lectura íntegra de los artículos para decidir sobre su inclusión en el estudio. En el caso de no alcanzar consenso, se contó con la participación de un cuarto investigador experimentado (JMC).

Extracción de los datos

Se analizaron las características de los participantes, de las intervenciones para provocar la PPA y, finalmente, se registraron los datos referentes a la variable dependiente estudiada. En el caso de presentarse una carencia de información importante sobre alguno de estos puntos de análisis, se procedía a excluir dicho artículo.

Cálculos y presentación de los resultados

Con el motivo de poder observar los datos de una forma estandarizada se ha procedido al cálculo del incremento porcentual de los estudios originales. Para ello se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$\Delta (\text{incremento porcentual}) = (\text{post} + \text{pre}) / \text{post} * 100$$

La presentación de los resultados ha sido agrupada por medios para la obtención del fenómeno del PPA utilizando tablas en las que se incluye el cálculo del incremento porcentual, así como las diferencias significativas (*p*) presentadas en los artículos originales.

Adicionalmente y siguiendo las sugerencias realizadas por Rhea (2004) y Flanagan (2013) se calculó el tamaño del efecto (*effect size*) para determinar la magnitud de la intervención para obtener la PPA. Para ello, se aplicó la fórmula para determinar la D de Cohen.

Tamaño del efecto = media del post test – media del pre test / la desviación estándar del pretest

Tabla 1.

Protocolos utilizados para desencadenar la PPA.

A. Squat a intensidad moderada y elevada						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Serie	Repeticiones	Intensidad	D' Series	D' PP-test
Scott & Docherty (2004)	<i>Squat</i>	1	1	5RM	-	5'
Kilduff et al. (2008)	<i>Squat</i>	3	1	3RM	5'	15'' 4' 8' 12' 16' 20'
Berning et al. (2010)	<i>Squat</i>	1 1 1	10 10 1 isométrica	50% RM 75% RM 150% RM	Sin R' 4'	4'
		1 1 1	10 10 1 isométrica	50% RM 75% RM 150% RM	Sin R' 5'	5'
Crum et al. (2012)	<i>Squat</i>	1	1	65% 1RM	-	30'' 3' 5' 10' 15'
Lowery et al. (2012)	<i>Squat</i>	1 1 1	1 1 1	56% 1RM 70% 1RM 93% 1RM	- - -	0' 2' 4' 8' 12'
Boullousa et al. (2013)	<i>Squat</i>	1	4	5RM	Sin R'	1' 3' 6' 9' 12'
Fletcher (2013)	<i>Squat</i>	1 1 1	3 3 2	30% RM 70% RM 90% RM	Sin R'	4'
Sapstead & Duncan (2013)	Isometría (tirar de barra olímpica de pie)	1	5''	Máxima	-	4' 8'
Fukutani et al. (2014)	<i>Squat</i>	1 1 1 1 1 1	5 5 3 3 5 5	45% 1RM 60% 1RM 75% 1RM 90% 1RM 45% 1RM 60% 1RM	2' 2' 2' 2'	1'
Mola et al. (2014)	<i>Squat</i>	1	1	3RM	-	15'' 4' 8' 12' 16' 20'
Evetovich et al. (2015)	<i>Squat</i>	Estudio n°1=1 Estudio n°4= 1	3 8 + 3	85% 1RM 50% + 3RM	- 2'	8' 8'
Golas et al. (2017)	<i>Squat</i>	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	60% 1RM 70% 1RM 80% 1RM 90% 1RM 100% 1RM	- - - - -	3' 3' 3' 3' 3'
Thomas et al. (2017)	<i>Squat</i>	3	3	80-90-100% 3RM	3	8'
B. Ejercicios pliométricos						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Serie	Repeticiones	Intensidad	D' series	D' PP-test
Clark et al. (2006)	<i>Countermovement jump</i>	1 4 1 1 4	6 1 6 1 6	20kg 20kg 20kg 40kg 20kg	Mínimo de 3' de descanso entre serie	4'
Lima et al. (2011)	<i>Drop jump</i>	2	5	Sin llevar a la fatiga (0.75m)	3'	5' 10' 15'
Chen et al. (2013)	<i>Drop jump</i>	1	5	3 drop heights (20cm, 40cm, 60cm)	1'	2' 6' 12'
Tobin & Delahunt (2014)	<i>Ankle hops</i>	2	10	0.50m	30''	1'
	<i>Hurdle hops</i>	3	5	0.50m	30''	3'
	<i>Drop jumps</i>	3	5	0.70m	15''	5'
Donti et al. (2014)	<i>Tuck jump</i>	1 3	5 5	Alta intensidad Baja intensidad	- 30''	0' 4' 8' 12'
Dello et al. (2016)	<i>Vertical single-leg drop-jumps</i>	3	5	0.25m	10'' rep 2' series	8'
	<i>horizontal single-leg drop-jumps</i>	3	5	0.25m	10'' rep 2' series	8'

Resultados

Características de los estudios seleccionados

Para la presente revisión se seleccionaron los estudios cuyo método para desencadenar la PPA fuera: a) ejercicios de fuerza a intensidad

C. Entrenamiento de resistencia interválico						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Series	Repeticiones	Intensidad	D' series	D' PP-test
García-Pinillos et al. (2015)	<i>Extended interval training (400 m)</i>	4	3	85-100 VAM	1' rep 3' series	2' al terminar cada serie
Latorre-Román et al. (2014)	<i>Extended interval training (400 m)</i>	4	3	85-100 VAM	1' rep 3' series	2' al terminar cada serie
D. Entrenamiento de velocidad						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Series	Repeticiones	Intensidad	D' series	D' PP-test
Boullousa & Tuimil (2009)	<i>Université de Montréal Track Test</i>	1	1	--	--	2' 7'
	<i>Time limit (Tlim) at maximal aerobic speed</i>	1	1	--	--	2' 7'
E. Flexibilidad						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Parámetros de la carga			D'	D' PP-test
Hough et al. (2009)	<i>Static stretching</i>	a)30" de los flexores plantares, extensores de la cadera, isquiotibiales, flexores de la cadera y cuádriceps femoral				2'
	<i>Dynamic stretching</i>	a)Flexores plantares, extensores de la cadera, isquiotibiales, flexores de la cadera y cuádriceps femoral (Cada ejercicio se realizó 5 veces lentamente y después 10 veces más rápido)				2'
F. Estímulos vibratorios						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Parámetros de la carga			D'	D' PP-test
Lamont et al. (2010)	Sentadilla isométrica con vibración (flexión de rodilla 135±5° 4-6mm amplitud)	a)30 Hz durante 30 segundos b)30 Hz durante 3 series de 10" c)50 Hz durante 30 segundos d)50Hz durante 3 series de 10"			60"	3'
G. Electroestimulación						
Parámetros del protocolo						
Autor	Tipo de ejercicio	Parámetros de la carga			D'	D' PP-test
Requena et al. (2011)	Músculos extensores de la rodilla	<i>Cátodo:</i> sobre el nervio femoral, en el pliegue inguinal <i>Ánodo:</i> Sobre la porción media del muslo NR-Hz, 10" x 2 contracciones, 130-150 V (igual a 130-150 Ma)			-	5'
H. Combinación de varias metodologías						
Autor	Grupos y parámetros del protocolo					
Till & Cook (2009)	a) Control; b) 5RM peso muerto + velocidad (10 - 20 m sprint); c) pliometría (5 saltos con los pies juntos) + sprint; d) 3 extensiones de rodilla + sprint					
Alves et al. (2010)	a) 1 sesión de entrenamiento a la semana, b) 2 sesiones de entrenamiento a la semana c) Control. Estación 1: Sentadilla 85%1RM + <i>High skipping</i> + <i>sprint</i> 5 m; Estación 2: <i>Calf extensión</i> 90%1RM + <i>Vertical jumps</i> + <i>High ball header's</i> ; Estación 3: <i>Leg extensión</i> 80%1RM + <i>Jump the seated position</i> + <i>Drop jumps</i>					
Crewther et al. (2011)	a) Squat a intensidad elevada (3RM); b) velocidad (10 m sprint); c) velocidad resistida (arrastre de trineo) + squat a intensidad elevada (3RM)					
Voelzke et al. (2012)	a)Entrenamiento de resistencia + pliometría; b) electroestimulación + pliometría					
Nacleiro et al. (2013)	a)Sentadilla; b) sentadilla + vibración					
Maffiuletti et al. (2002)	Músculos extensores de la rodilla, Flexores plantares, <i>Cátodo:</i> Sobre el triángulo femoral y la cara proximal del gastrocnemio <i>Ánodo:</i> Nervio del vasto medial, vasto lateral y gastrocnemios laterales. 115-120Hz, 3" x 48 contracciones (extensores) y 3" x 30 contracciones (flexores), 0-120mA. + 50 saltos pliométricos					
I. Comparación de métodos para desencadenar la PPA						
Autor	Grupos y parámetros de protocolo					
Baudry & Duchateau (2004)	a) Trabajo isométrico máximo; b) trabajo excéntrico; c) trabajo concéntrico; d) contracciones voluntarias máximas					
McCann & Flanagan (2010)	a) Sentadillas; b) ejercicio de potencia (<i>hang clean</i>)					
Esformes et al. (2010)	a) Sentadilla; b) pliometría (24 saltos)					
Turki et al. (2011)	a) Control; b) ejercicio concéntrico; c) ejercicio isométrico; d) ejercicio excéntrico; e) ejercicio pliométrico; f) estiramientos dinámicos					
Andrews et al. (2011)	a) Sentadillas; b) ejercicio de potencia (<i>hang clean</i>)					
Hughes et al. (2016)	a) Drop jump a 60cm con isometría al caer 90° y chaleco con el 5% de la masa corporal. b) Sentadilla 3RM					
RM= Repetición máxima; m= metros; cm= centímetros; kg= kilogramos; D' series= tiempo de descanso entre series; CMJ= <i>Countermovement jump</i> ; D' PP-Test= tiempo de descanso post-protocolo antes del test; UMTT= Test de pista de la Universidad de Montreal; Rep=repeticiones; Hz= Hertzios; mm= milímetros; mA= miliamperios; V= Voltios; NR= No registra información.						
Fuente: Elaboración propia.						

RM= Repetición máxima; m= metros; cm= centímetros; kg= kilogramos; D' series= tiempo de descanso entre series; CMJ= *Countermovement jump*; D' PP-Test= tiempo de descanso post-protocolo antes del test; UMTT= Test de pista de la Universidad de Montreal; Rep=repeticiones; Hz= Hertzios; mm= milímetros; mA= miliamperios; V= Voltios; NR= No registra información.
Fuente: Elaboración propia.

moderada-alta; b) ejercicios pliométricos; c) ejercicios interválicos; d) ejercicios de velocidad; e) ejercicios de flexibilidad; f) estímulos vibratorios; g) electroestimulación; h) estudios que combinan diferentes metodologías y; i) aquellos que hacen una comparación entre métodos para desencadenar la PPA (Tabla 1).

Estos estudios se agruparon según la actividad previa que desencadenaba la PPA para, a posteriori, proceder al análisis de sus respuestas de una manera mucho más clara y ordenada.

Características de los participantes

La muestra de los estudios seleccionados para la presente revisión es bastante homogénea en cuanto al nivel de los participantes (sujetos con experiencia en el entrenamiento). Sin embargo, en cada estudio, la muestra procede de una modalidad deportiva diferente.

En la tabla 2 se detallan las principales características de las muestras presentadas en los diferentes estudios escogidos para la revisión.

Respuestas de la PPA

Del total de las treinta y siete referencias identificadas en la búsqueda y que, por tanto, cumplieron con los parámetros establecidos, trece de ellas utilizaron ejercicios de fuerza dinámicos o isométricos; seis, ejercicios pliométricos; dos, ejercicios con el método de resistencia interválico; uno, ejercicios de velocidad; uno, ejercicios de flexibilidad; uno, estímulo vibratorio; uno, electroestimulación y catorce que combinan o comparan diferentes tipos de ejercicios.

Así pues, con el fin de presentar los resultados de una manera clara y ordenada, éstos se organizan en base al tipo de ejercicio utilizado en el protocolo para desencadenar la PPA.

Ejercicios de fuerza. Se destaca el impacto generado en la PPA con entrenamientos de fuerza de intensidad moderada-alta, donde los programas de intensidad leves o ligeros no logran mejoras significativas (Crum, Kawamori, Stone, & Haff, 2012; Golas, Wilk, Stastny, Maszczyk, Pajerska, & Zajac, 2017). Dentro de este grupo destacan

Tabla 2.
Características de la muestra.

Estudio	Características de la muestra
Maffiuletti et al. (2002)	10 jugadores de voleibol (21,8 ± 2,8 años)
Scott & Docherty (2004)	19 varones entrenados (25 ±4,8 años)
Baudry & Duchateau (2004)	9 atletas: 4 mujeres y 5 hombres (29,7± 8,3 años)
Clark et al. (2006)	9 jóvenes atletas de fuerza (17,3± 2,2 años)
Kilduff et al. (2008)	20 jugadores profesionales de rugby (24,5 ± 4,8 años)
Hough et al. (2009)	11 varones saludables (21±2 años) que competían en el deporte a nivel universitario.
Till & Cook (2009)	12 jugadores de fútbol (18,36 ± 0,72 años)
Boullousa & Tuimil (2009)	12 corredores de resistencia (23,2± 3,3 años)
McCann & Flanagan (2010)	16 jugadores de voleibol:8 mujeres (19,14 ± 0,38 años) y 8 hombres (20,86 ± 1,77 años)
Esformes et al. (2010)	13 varones entrenados (22,6 ± 3 años)
Lamont et al. (2010)	21 jóvenes atletas (25,7± 3,4 años)
Berning et al. (2010)	Varones: 13 entrenados (22,86 ± 3,2 años) y 8 no entrenados (28,56 ± 5,9 años)
Alves et al. (2010)	23 varones futbolistas élite (17,4 ± 0,6 años)
Turki et al. (2011)	20 atletas entrenados (20,7± 1,3 años)
Crewther et al. (2011)	9 jugadores de rugby (20,1 ± 0,9 años)
Lima et al. (2011)	10 atletas varones con nivel alto (20,6 ± 2,6 años)
Andrews et al. (2011)	19 mujeres deportistas (20,56 ± 1,5 años)
Requena et al. (2011)	14 jugadores profesionales de fútbol (20± 3,6 años)
Voelzke et al. (2012)	16 jugadores profesionales de voleibol (25,4 ± 4,8 años)
Crum et al. (2012)	24 jóvenes atletas (22,1±4 años)
Lowery et al. (2012)	13 jóvenes atletas (21 ± 3 años)
Chen et al. (2013)	10 jugadores de voleibol de 1ª división (20,9± 1,6 años)
Boullousa et al. (2013)	12 atletas (aspirantes a luchadores) (25,5 ± 4,9 años)
Sapstead & Duncan (2013)	18 varones entrenados (21,2± 3,8 años)
Fletcher (2013)	16 atletas varones universitarios (21,386 ± 0,52 años)
Mola et al. (2014)	22 jugadores de fútbol (23 ± 4,5 años)
Fukutani et al. (2014)	8 levantadores de peso (19,8 ± 1,3 años)
Tobin & Delahunt (2014)	20 jugadores profesionales de rugby (22,4± 3,4 años)
Donti et al. (2014)	34 gimnastas: 10 varones de gimnasia artística (24,4 ± 4,3 años), 14 féminas de gimnasia artística (18,1 ± 2,6 años) y 10 féminas de gimnasia rítmica (18,6 ± 1,6 años)
Nacleiro et al. (2014)	15 atletas varones universitarios (20,3 ± 1,3 años)
Latorre-Román et al. (2014)	16 atletas varones de larga distancia sub-élite (29,63 ± 7,32 años)
García-Pinillos et al. (2015)	30 atletas varones de larga distancia sub-élite (28,26 ± 8,27)
Evetovich et al. (2015)	Estudio 1= 12 varones (20,2 ± 2,0 años) y 8 mujeres (20,1 ± 1,0 años) atletas de segunda división (3 corredores de vallas, 17 velocistas y 5 saltadores). Estudio 2= 11 jugadores de fútbol (20,3 ± 1,8 años)
Dello et al. (2016)	18 varones de balonmano elite (19,6 ± 0,5 años)
Hughes et al. (2016)	11 varones estudiantes universitarios con experiencia en entrenamiento de fuerza (21 ± 2 años)
Golas et al. (2017)	16 varones del equipo nacional elite de esquí de Polonia (23 ± 8 años)
Thomas et al. (2017)	11 atletas varones entrenados en carreras de velocidad y saltos (23 ± 4 años)

Fuente: Elaboración propia.

ocho estudios que presentan mejoras significativas ($p < .05$) en la capacidad de salto cuando la intensidad fue igual o superior al 80% de 1RM (Boullousa, Abreu, Beltrame, & Behm, 2013; Kilduff, Owen, Bevan, Bennett, Kingsley, & Cunningham, 2008). Algunos estudios que combinaron intensidades moderadas y altas (50% 1RM hasta isometría al 150% 1RM) obtuvieron ganancias similares a aquellos que únicamente utilizaron altas intensidades (Berning, Adams, DeBeliso, Sevene-Adams, Harris, & Stamford, 2010; Lowery et al., 2012; Thomas, Toward, West, Howatson, & Goodall, 2017). Sin embargo, aquellos que emplearon únicamente intensidades moderadas, los incrementos en la PPA no fueron significativos (Fukutani, Takei, Hirata, Miyamoto, Kanehisa, & Kawakami, 2014). El número de series utilizadas en los estudios donde se observó una mayor PPA no fue superior a 4 y las repeticiones hasta un máximo de 6. El intervalo de descanso entre series osciló entre 2 minutos para cargas moderadas, y de 4 a 5 minutos cuando utilizaron cargas altas. El periodo de descanso óptimo entre el ejercicio de fuerza y el salto evaluado osciló entre los 4 y los 9 minutos (Berning et al., 2010; Boullousa et al., 2013; Golas et al., 2017; Kilduff et al., 2008; Mola, Bruce-Low, & Burnet, 2014; Thomas et al., 2017) (tabla 3). Cuando se realiza el análisis del tamaño del efecto, el estudio de Lowery et al., (2012) obtiene el efecto de tamaño más alto ($d = 1.48$) con un incremento de 4.6% de mejora de salto vertical.

Ejercicios pliométricos. La escasez de trabajos en los que se utilizan ejercicios pliométricos no permite extraer conclusiones definitivas. Clark, Bryant, & Reaburn (2006), utilizaron el *countermovement jump* (CMJ) con sobrecarga de 20 y 40Kg, en bloques de series con tres minutos de descanso, sin llegar a encontrar mejoras significativas. No obstante, se aprecia una tendencia de mejora cuando se emplean bloques de series frente a entrenamientos con una única serie. Estos resultados están en sintonía con los aportados por Donti, Tzolakis, & Bogdanis (2014) (tabla 4).

Por otro lado, los trabajos que utilizaron el *drop jump* (DJ), realizando 2-3 series y 5 repeticiones con alturas comprendidas entre los 70 y los 75 cm, presentaron un incremento en la capacidad de salto después de descansos largos (entre 5 y 15 minutos) (Lima, Marin, Barquilha, Da Silva, Puggina, Python-Curi, & Hirab, 2011; Tobin & Delahunt, 2014). Por su parte, cuando se utilizaron progresiones en la altura del DJ de entre 20 y 60 cm u otro tipo de salto como *ankle hops* y *hurdle hops* con alturas máximas de 50 cm en bloques de 2-3 series, descansos inferiores a 30 segundos y 5-10 repeticiones, la PPA se obtuvo con tiempos menores de descanso post-ejercicio (entre 1 y 5 minutos) (Chen, Wang, Peng, Yu, & Wang, 2013; Tobin & Delahunt, 2014) (tabla 4). Respecto a la especificidad del salto, solo un estudio comparó DJ con saltos horizontales vs DJ con saltos verticales evidenciándose diferencias significativas ($p < .01$) a favor de aquellos que realizaron saltos verticales (Dello-Iacono, Martone, & Padulo, 2016). En este caso los datos aportados por Lima et al. (2011) son los que mayores tamaños de efecto presentan ($d = 2.66$) con un incremento del 4%.

Método interválico. Dos estudios realizados con corredores de larga distancia experimentados, en los cuales se aplicó un entrenamiento interválico extensivo compuesto por 3 series de 4 de repeticiones de 400 m a una intensidad del 85 al 100% de la velocidad aeróbica máxima (VAM) con un descanso de 1 minuto entre repeticiones y 3 minutos entre series, aportaron ganancias significativas ($p > .05$) en la capacidad de salto (CMJ) (García-Pinillos, Soto-Hermoso, & Latorre-Román, 2015; Latorre-Román, García-Pinillos, Martínez-López, & Soto-Hermoso, 2014). No obstante, cabe resaltar que, a medida que transcurren las series estas ganancias son menores (tabla 5).

Ejercicios de velocidad. Boullousa & Tuimil (2009) compararon el test UMTT con el test *Time Limit*. El primero consiste en correr a una velocidad que parte de 8 km/h y que se va incrementando 1 km/h cada 2 minutos hasta que el deportista no puede mantener la intensidad impuesta. El segundo test consiste en recorrer una pista marcada cada 50 metros a una intensidad del 100% de la VAM manteniendo dicha velocidad el mayor tiempo posible. Posteriormente se evaluó la capacidad de salto CMJ a los 2 y 7 minutos, encontrando que el test UMTT disminuyó la capacidad de salto considerablemente en los participan-

Tabla 3.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con ejercicios de fuerza.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Scott & Docherty, 2004	? 2*	-
Kilduff et al., 2008	$\Delta 4,9$ a 8' de realizar el protocolo**	1.41
Berning et al., 2010	$\Delta 5,5$ a 5' de realizar el protocolo*	-
Crum et al., 2012	***	0
Lowery et al., 2012	$\Delta 4,9$ a 4' del protocolo de moderada intensidad	1.46
	$\Delta 4,6$ a 8' del protocolo de alta intensidad*	1.48
Boullousa et al., 2013	$\Delta 2,6$ *	0.26
Fletcher, 2013	$\Delta 9$ *	0.32
Sapstead & Duncan, 2013	$\Delta 1,6$ a 4' de realizar el protocolo	0.08
	$\Delta 2,7$ a 8' de realizar el protocolo***	0.13
Fukutani et al., 2014	-protocolo de alta intensidad*	0.59
Mola et al., 2014	***	-
Evetovich et al., 2015	$\Delta 2,7$ protocolo del estudio #1***	0.13
Golas et al., 2017	$\Delta 5,0$ al 80% de 1RM**	0.46
Thomas et al., 2017	$\Delta 2,3$ **	0.25

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p > .05$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos o aparece en gráficos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con ejercicios de pliometría.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Clark et al., 2006	-	-
Lima et al., 2011	$\Delta 4$ a los 4' de realizar el protocolo**	2.66
Chen et al., 2013	$\Delta 4,5$ a los 2' de realizar el protocolo	-
Tobin & Delahunt, 2014	$\Delta 4,7$ al minuto de realizar el protocolo*	0.38
	$\Delta 3,9$ a los 3' de realizar el protocolo	0.31
	$\Delta 3,4$ a los 5' de realizar el protocolo**	0.28
Donti et al., 2014	$\Delta 4,6$ ***	-
Dello et al., 2016	$\Delta 6,5$ **	0.62

* $p < .001$, ** $p < .01$, *** $p < .05$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos o aparece en gráficos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con método interválico.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
García-Pinillos, et al., 2015	$\Delta 13,8$ *	0.83
Latorre-Román et al., 2014	$\Delta 6,2$ en la 1ra serie del protocolo	0.56
	$\Delta 5,8$ en la 3ra serie del protocolo*	0.45

* $p < .05$.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con ejercicios de velocidad.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Boullousa & Tuimil, 2009	$\Delta 8,1$ a los 2' de realizar el test Tlim	-
	$\Delta 10,5$ a los 7' de realizar el test Tlim*	-

* $p < .05$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos o aparece en gráficos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con ejercicios de flexibilidad.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Hough et al., 2009	$\Delta -4,25$ a $-9,44$ *	-

* $p < .01$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con estímulo vibratorio

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Lamont et al., 2010	$\Delta 4,12$ *	-

* $p = 0.009$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con electroestimulación.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Requena et al., 2011	No se produce un incremento en la altura del CMJ**	-

** $p > .05$.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.

Capacidad de salto tras desencadenar la PPA con estímulos combinados.

Autor	Resultado (%)	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Maffiuletti et al., 2002	$\Delta 8,3$ **	-
Till & Cooke, 2009	***	-
Crewther et al., 2011	$\Delta 3,8$ a los 4' de realizar el protocolo	0.31
	$\Delta 3,5$ a los 8' de realizar el protocolo	0.32
	$\Delta 3,0$ a los 12' de realizar el protocolo**	0.27
Voelzke et al., 2012	? 3,8 *	-
Nacleiro et al., 2014	? 2,9 ****	<0.5

Los valores de significación estadística son los aportados en los estudios originales.

* $p < .012$, ** $p < .001$, *** $p > .05$, **** $p = .005$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos o aparece en gráficos.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11.

Comparación de métodos para desencadenar PPA.

Autor	Resultado	Tamaño del efecto Effect Size (Cohen d)
Baudry & Duchateau, 2004	-	-
Esformes et al., 2010	-**	-
McCann & Flanagan, 2010	$\Delta 5,7$ %*	0.2
Andrews et al., 2011	***	-
Turki et al., 2011	-	-
Hughes et al., 2016	$\Delta 2,9$ %**	0.34

* $p < .001$, ** $p < .05$, *** $p > .05$.

- = el artículo original no ofrece los datos numéricos o aparece en gráficos.

Fuente: Elaboración propia.

tes, al contrario que sucedía con el test *Time Limit*, que generó una ganancia en la capacidad de salto tanto a los 2 como a los 7 minutos post-test (tabla 6).

Ejercicios de flexibilidad. Los estiramientos estáticos en extremidades inferiores con duraciones superiores a los 25 segundos generan disminución en la capacidad de salto vertical. En contraposición, el entrenamiento con estiramientos dinámicos sí contribuye a la generación de la PPA con aumentos que van desde un 4,25 a un 9,44% ($p < .01$) (Hough, Ross, & Howatson, 2009) (tabla 7).

Estímulo vibratorio. Los protocolos utilizados para generar la PPA a través del estímulo vibratorio indican que el porcentaje de mejora es mayor cuando se aplica usando una plataforma de cuerpo completo con transmisión de vibración vertical en el que se coloca al atleta en posición de sentadilla con una flexión de rodilla de $135 \pm 5^\circ$ y se aplica un estímulo de forma intermitente ($3 \times 10''$) con 50 Hz aproximadamente y amplitud de 4 a 6 mm. Este estímulo es superior para desencadenar PPA que el obtenido cuando se aplica de forma continua o intermitente inferior a 50 Hz (Lamont, Cramer, Bemben, Shehab, Anderson, & Bemben, 2010) (tabla 8).

Electroestimulación. Aquellos protocolos que mostraron una PPA post-protocolo se caracterizaron por utilizar intensidades iguales o superiores a 100 Hz con contracciones entre los 4 y 10 segundos (Requena, Villarreal, Gapeyeva, Erelina, García, & Pääsuke, 2011). En la misma línea se encuentran los resultados de Naclerio, Faigenbaum, Larumbe-Zabala, Ratamess, Kang, Friedman, & Ross (2014), quienes encontraron mayor PPA cuando combinaron la sentadilla sobre plataforma vibratoria (1.963 mm de amplitud a 40 Hz) y 1 serie por 3 repeticiones al 80%, frente al grupo que realizó solo la sentadilla (3 series) o la plataforma vibratoria (3 series de 10 segundos) de manera separada. En otro estudio, Voelzke, Stutzig, Thorhauer, & Granacher (2012), al combinar electroestimulación (5 segundos de contracción tetánica por 24 contracciones entre 30 a 60 mA) con pliometría encontraron diferencias significativas ($p < .006$) tanto para el CMJ ($\Delta 3,8\%$) como para el DJ ($\Delta 6,4\%$) (tabla 9).

Crewther, Kilduff, Cook, Middleton, Bunce, & Yang (2011), a diferencia de los estudios anteriores que obtuvieron mejoras al combinar diversos ejercicios, encontraron que realizar una sola serie de 3RM en sentadilla mejora la capacidad de salto en mayor proporción que cuando se combina la sentadilla con sprint resistido de 10 m (trineo) o sprint únicamente. Además, la PPA perdura 4, 8 y 12 minutos tras finalizar el protocolo. Contrariamente a lo encontrado en los anteriores estudios, Till & Cooke (2009), no observaron mejoras cuando combinaron ejercicios de fuerza con ejercicios de velocidad y ejercicios de pliometría con ejercicios de velocidad (tabla 10).

Comparación entre métodos para desencadenar PPA. Dos estudios compararon ejercicios de fuerza con una carga de 3 a 5 RM con ejercicios de fuerza explosiva (arrancadas y pliometría), dando un periodo de descanso de 4-5 minutos post-protocolo, sin llegar a encontrar diferencias significativas en la capacidad de salto; concluyendo que la pliometría y las arrancadas generan una PPA de la misma magnitud que los ejercicios de fuerza empleados (Esformes, Cameron, & Bampouras, 2010; McCann & Flanagan, 2010). Adicionalmente Andrews, Mackey, Inkrott, Murray, Clark, & Pettitt (2011) comunicaron que cuando se añaden ejercicios de fuerza explosiva se pudo registrar un mejor mantenimiento del rendimiento en el CMJ (Tabla 11). Otro estudio que comparó un protocolo de 10 minutos de estiramientos dinámicos y diferentes tipos de contracción muscular (concéntrica, excéntrica, isométrica y pliométrica) con variaciones en los periodos de descanso, encontraron ganancias en todos los protocolos, sin llegar a observar diferencias significativas en ninguno y siendo el periodo óptimo de descanso el de 3 y 5 minutos post-protocolo (Turki, Chaouachi, Drinkwater, Chtara, Chamari, Amri, & Behm, 2011). Datos similares aportaron Baudry & Duchateau (2004) a pesar de que las contracciones fueron inducidas mediante estímulos eléctricos rectangulares (0,2 ms de duración) a través de dos electrodos. Finalmente, un estudio comparó 3RM en sentadilla con 6 DJ con carga excéntrica acentuada (al caer mantiene la flexión de rodilla en 90° por 1-2 segundos, adicional a ello

utilizaba chaleco con una carga del 5% de la masa corporal), asignando 6 minutos de descanso después de cada protocolo para luego valorar CMJ, encontrando mejoras diferencias significativas a favor del protocolo de DJ con carga excéntrica acentuada ($p < .05$), aunque el tamaño del efecto es pequeño-moderado ($d = .34$) (Hughes, Massiah, & Clarke, 2016).

Discusión

Los resultados derivados de los estudios incluidos en la presente revisión sugieren que la PPA es beneficiosa para incrementar las prestaciones de rendimiento en tareas explosivas. Para lograr este fenómeno se deberán respetar ciertas pautas metodológicas. Sin embargo, una adecuada reflexión de la temática es necesaria y por ello se presenta al lector cinco aspectos a considerar, los cuales permiten cumplir con el objetivo trazado de la presente revisión.

Tipo de ejercicio

Tras el análisis de los estudios encontrados se puede sugerir que entre los métodos y/o ejercicios más óptimos para desencadenar la PPA en la capacidad de salto se encuentran los ejercicios de fuerza (superiores al 80% 1RM o entre 3 a 5RM), ejercicios de fuerza explosiva como las arrancadas, ejercicios pliométricos y ejercicios interválicos extensivos (Boullosa et al., 2013; Dello et al., 2016; Donti et al., 2014; García-Pinillos et al., 2015; Kilduff et al., 2008). Igualmente se pueden utilizar ejercicios de estiramiento dinámico donde se involucre la musculatura específica (Hough et al., 2009; Turki et al., 2011).

La utilización de dispositivos electrónicos como la plataforma vibratoria o electroestimulación generan ganancias en el rendimiento siempre y cuando el protocolo utilizado combine ejercicios tradicionales como los anteriormente mencionados (Lamont et al., 2010; Naclerio et al., 2014). Entre las posibles alternativas figura la combinación de diversos tipos de ejercicios, entre las que destaca los ejercicios de fuerza (80-90% 1RM), fuerza explosiva (sprint resistido con trineo) con pliometría o estiramientos dinámicos (Kallerud & Gleeson, 2013; Suchomel, Lamont & Moir, 2016).

En cuanto a los ejercicios de velocidad, resistencia y estiramientos estáticos, cabe señalar que presentan efectos menores y en la mayoría de las ocasiones generan una disminución sustancial del rendimiento, concretamente en la fuerza explosiva (Crewther et al., 2011; Kallerud & Gleeson, 2013; Till & Cooke, 2009).

Programación de la intensidad

Las respuestas fisiológicas del sistema neuromuscular son directamente proporcionales a la intensidad del ejercicio, por lo que se sugiere, en los ejercicios tradicionales como la sentadilla, utilizar intensidades superiores al 80% de 1RM o pesos iguales o mayores a los utilizados en 5RM (Golas et al., 2017; Thomas et al., 2017). En ejercicios de fuerza explosiva o derivados de la halterofilia es recomendable utilizar cargas superiores al 70% de 1RM (Esformes et al., 2010; Naclerio, 2010). Como consecuencia, es necesario tener un control de las cargas de entrenamiento por medio de un instrumento para tal fin, como por ejemplo la escala de percepción del esfuerzo OMNI, que permite tener un seguimiento de la intensidad del ejercicio (Naclerio, Rodríguez-Romo, Barriopedro-Moro, Jiménez, Alvar, & Triplett, 2011). Se recomienda realizar los entrenamientos interválicos a una intensidad superior al 85% de la frecuencia cardíaca máxima de reserva.

Programación del volumen

Dentro de las indicaciones generales para los ejercicios de fuerza se recomienda realizar 1-3 series de 3-5 repeticiones. Para los ejercicios de fuerza explosiva, pliometría y derivados de la halterofilia entre 1-6 series, no superando las 6 repeticiones por serie, siendo más efectivos los entrenamientos con series múltiples que los de una única serie (Rhea, Alvar, Burkett & Ball, 2003; Suchomel, Lamont, & Moir, 2016). Los ejercicios interválicos (HIIT- *High Intensity Interval Training*), de 4 series y 3 repeticiones, se recomienda que no superen los 60 segundos

de trabajo, ya que un mayor volumen a alta intensidad ocasionaría una gran acidosis metabólica, lo que reduciría la capacidad de rendimiento y limitaría el efecto de PPA (García-Pinillos et al., 2015; Wilmore, Kenney & Costill, 2014). Igualmente se pueden utilizar ejercicios de estiramiento dinámico que involucren la musculatura específica con una duración total del protocolo de entre 5 y 10 minutos (Hough et al., 2009; Turki et al., 2011).

Programación de los periodos de descanso post-protocolo

Los periodos de descanso óptimos para una mayor PPA oscilan en una franja amplia, que va de 4 a 9 minutos para ejercicios de fuerza y de 1 a 5 minutos para ejercicios pliométricos. Transcurridos estos plazos de descanso, se inicia un proceso de disminución gradual hasta llegar a la línea de base del sujeto por lo que es necesario identificar e individualizar los periodos de descanso para cada deportista (Boullosa et al., 2013; Chen et al., 2013; Kilduff et al., 2008; Lowery et al., 2012; Tobin & Delahunt, 2014).

Algunos protocolos no sugeridos para desencadenar la PPA

Varios autores han desarrollado propuestas de intervención sin obtener resultados positivos a la hora de favorecer la PPA. Entre ellos destacan, aquellos protocolos que utilizan ejercicios de larga duración (resistencia), velocidad (sprint, 10-20m) o trabajos resistidos mediante trineo (Crewther et al., 2011; Till & Cooke, 2009).

Por otro lado, Huang, Hsieh, Lu & Su (2011) utilizaron una cinta elástica kinesio texTM en los músculos de la pantorrilla en un grupo de adultos con el fin de provocar una mejora en la capacidad de salto. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas en la electromiografía de los músculos evaluados y presenta resultados confusos sobre sus beneficios. Otros investigadores han probado si la restricción parcial del flujo sanguíneo, también conocida como oclusión vascular, puede desencadenar PPA, demostrando que una única sesión no contribuye a generar una respuesta aguda sobre la misma (Picón, Chulvi-Medrano, Cortell-Tormo, Rial & Rodríguez-Pérez, 2015).

Otras posibilidades que podría ser indagada por la investigación es la posibilidad de aplicar protocolos de PPA en el medio acuático, puesto que recientemente se ha puesto de manifiesto que tras 10 semanas de entrenamiento, los beneficios sobre las capacidad de salto fueron las mismas tanto para el grupo que realizaba el entrenamiento en el medio terrestres como en el grupo que realizaba el protocolo en el medio acuático (Jurando-Lavanant, Fernández-García, Pareja-Blanco & Alvero-Cruz, 2017). Por ello, parece lógico intuir que si se lleva a cabo un protocolo de saltos máximos en el medio acuático se podría inducir el PPA con el beneficio asociado de representar un estímulo de baja carga articular, aunque es un aspecto poco estudiado en la actualidad.

Por otro lado, la aplicación de chalecos lastrados podría ser una opción de desencadenar el PPA. Nuevamente es un aspecto escasamente investigado, y debe ser atendido a que la sobrecarga externa no exceda de un 5% de la masa corporal del atleta para evitar interferencias en la ejecución técnica dinámica (Gutiérrez-Dávila, González, Giles, Gallardo & Rojas, 2016).

Resulta conveniente remarcar que si se pretende incrementar el rendimiento de explosividad se debe asumir que los mecanismos de PPA y de fatiga coexisten (Boullosa, Del Rosso, Behm, & Foster, 2018; Rassier & Macintosh, 2000) y que la respuesta corresponde a las particularidades individuales del atleta (Robbins, 2005; Seitz, & Haff, 2016). Así pues, es fundamental ajustar la actividad contráctil del músculo previa al esfuerzo de fuerza explosiva. Sin embargo, es necesario identificar aquellos deportistas que no responden a los diferentes protocolos propuestos para la PPA como lo sugieren diversas investigaciones (Evetovich, Conley, & McCawley, 2015; García-Pinillos et al., 2015; Mola et al., 2014). Entre las posibles causas que diferencian las respuestas entre sujetos podría ser una predominancia de fibras musculares rápidas, ya que contribuyen a una mayor PPA que aquellos con mayor proporción de fibras lentas. (Hamada, Sale, MacDougall & Tamopolsky, 2000, 2003; Vandenboom, Grange, & Houston, 1995).

Finalmente, se debe considerar que la PPA no depende únicamente

del protocolo a utilizar, sino del tiempo de descanso y del tipo de ejercicio a potenciar.

Conclusiones y aplicaciones prácticas

Existe la posibilidad de mejorar de forma transitoria la capacidad de salto vertical mediante la PPA. Este fenómeno fisiológico tiene un gran componente de variabilidad interindividual, no obstante, se puede solicitar de forma notable utilizando un estímulo excitatorio adecuado. En particular, los mayores efectos de PPA sobre el rendimiento de salto vertical se logra mediante diferentes estímulos que de mayor efecto a menor son: a) ejercicios de fuerza como la sentadilla, aplicando 1-3 series con 3-5 repeticiones por serie y una carga $\geq 80\%$ 1RM o entre 3-5RM; b) movimientos olímpicos como la arrancada o ejercicios pliométricos como el *countermovement jump* aplicando 1-6 series < 6 repeticiones y al menos 70% de 1RM. La mejora de la capacidad de salto se adquiere tras un descanso de entre 1-9 minutos tras la aplicación de la actividad que estimulara el PPA.

Por lo tanto, para atletas que requieran de un rendimiento óptimo en la capacidad de salto se debería incluir alguna de las estrategias de PPA descritas anteriormente tras un calentamiento adecuado.

Recomendaciones y futuras líneas de investigación

Fruto del análisis llevado a cabo en esta revisión, se recomiendan las siguientes futuras líneas de investigación para aportar más información al respecto sobre los mecanismos óptimos para desencadenar la PPA:

- Buscar protocolos para desencadenar la PPA que requieran un menor tiempo, ya que los actuales suelen emplear descansos excesivos, quitando tiempo importante para el desarrollo de otros objetivos de entrenamiento.
- Indagar en otros tipos de entrenamientos combinados que permitan a los deportistas preservar por más tiempo la PPA y así puedan entrenar con mayor fuerza explosiva.

Referencias

- Alves, J. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 936-941. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c7c5fd.
- Andrews, T. R., Mackey, T., Inkrott, T. A., Murray, S. R., Clark, I. E., & Pettitt, R. W. (2011). Effect of hang cleans or squats paired with countermovement vertical jumps on vertical displacement. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2448-2452. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182001696.
- Baudry, S., & Duchateau, J. (2004). Postactivation potentiation in human muscle is not related to the type of maximal conditioning contraction. *Muscle & nerve*, 30(3), 328-336.
- Berning, J. M., Adams, K. J., DeBeliso, M., Sevens-Adams, P. G., Harris, C., & Stamford, B. A. (2010). Effect of functional isometric squats on vertical jump in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2285-2289. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e7ff9a.
- Boullosa, D., Del Rosso, S., Behm, D. G., & Foster, C. (2018). Post-activation potentiation (PAP) in endurance sports: A review. *European Journal of Sport Science*, 18(5), 595-610. doi: 10.1080/17461391.2018.1438519.
- Boullosa, D. A., Abreu, L., Beltrame, L. G., & Behm, D. G. (2013). The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2059-2066. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827ddf15.
- Boullosa, D. A., & Tuimil, J. L. (2009). Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 23(5), 1560-1565. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a3ce61.

- Clark, R. A., Bryant, A. L., & Reaburn, P. (2006). The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 162-166.
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J., & Yang, G. Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3319-3325. doi: 10.1519/JSC.0b013e318215f560.
- Crum, A. J., Kawamori, N., Stone, M. H., & Haff, G. G. (2012). The acute effects of moderately loaded concentric-only quarter squats on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 914-925. doi: 10.1519/JSC.0b013e318248d79c.
- Chen, Z. R., Wang, Y. H., Peng, H. T., Yu, C. F., & Wang, M. H. (2013). The acute effect of drop jump protocols with different volumes and recovery time on countermovement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 154-158. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182518407.
- Dello Iacono, A., Martone, D., & Padulo, J. (2016). Acute effects of drop-jump protocols on explosive performances of elite handball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(11), 3122-3133. doi: 10.1519/jsc.0000000000001393.
- Donti, O., Tsolakis, C., & Bogdanis, G. C. (2014). Effects of baseline levels of flexibility and vertical jump ability on performance following different volumes of static stretching and potentiating exercises in elite gymnasts. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(1), 105-113.
- Esformes, J. I., Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1911-1916. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181dc47f8.
- Evetovich, T. K., Conley, D. S., & McCawley, P. F. (2015). Postactivation potentiation enhances upper- and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(2), 336-342. doi: 10.1519/JSC.0000000000000728.
- Flanagan, E. P. (2013). The effect size statistic-applications for the strength and conditioning coach. *Strength & Conditioning Journal*, 35(2), 37-40. doi: 10.1519/SSC0b013e3182a64d20.
- Fletcher, I. M. (2013). An investigation into the effect of a pre-performance strategy on jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), 107-115. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182517ffb.
- Fukutani, A., Takei, S., Hirata, K., Miyamoto, N., Kanehisa, H., & Kawakami, Y. (2014). Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2236-2243. doi: 10.1519/JSC.0000000000000409.
- García-Pinillos, F., Soto-Hermoso, V. M., & Latorre-Román, P. A. (2015). Acute effects of extended interval training on countermovement jump and handgrip strength performance in endurance athletes: Postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 11-21. doi: 10.1519/JSC.0000000000000591.
- Golas, A., Wilk, M., Stastny, P., Maszczyk, A., Pajerska, K., & Zajac, A. (2017). Optimizing half squat postactivation potential load in squat jump training for eliciting relative maximal power in ski jumpers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(11), 3010-3017. doi: 10.1519/JSC.0000000000001917.
- Gouvêa, A. L., Fernandes, I. A., César, E. P., Silva, W. A., & Gomes, P. S. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 459-467.
- Gutiérrez-Dávila, M., González, C., Giles, F. J., Gallardo, D., & Rojas, F. J. (2016). Efecto de sobrecargas ligeras sobre el rendimiento del salto vertical con contramovimiento. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 16(64), 633-648. doi: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.64.002>.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tamopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2131-2137.
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tamopolsky, M. A. (2003). Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(2), 165-173. doi: 10.1046/j.1365-201X.2003.01121.x.
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.
- Hough, P. A., Ross, E. Z., & Howatson, G. (2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 507-512. doi: 10.1519/JSC.0b013e31818cc65d.
- Huang, C. Y., Hsieh, T. H., Lu, S. C., & Su, F. C. (2011). Effect of the Kinesio tape to muscle activity and vertical jump performance in healthy inactive people. *Biomedical engineering online*, 10(1), 70. doi: 10.1186/1475-925X-10-70.
- Hughes, J. D., Massiah, R. G., & Clarke, R. D. (2016). The potentiating effect of an accentuated eccentric load on countermovement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(12), 3450-3455. doi: 10.1519/jsc.0000000000001455.
- Jurado-Lavanant, A., Fernández-García, J. C., Pareja-Blanco, F., & Alvero-Cruz, J. R. (2017). Effects of land vs. aquatic plyometric training on vertical jump. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 17(65), 73-84. doi: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2017.65.005>.
- Kallerud, H., & Gleeson, N. (2013). Effects of stretching on performances involving stretch-shortening cycles. *Sports Medicine*, 43(8), 733-750. doi: 10.1007/s40279-013-0053-x.
- Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 795-802. doi: 10.1080/02640410701784517.
- Lamont, H. S., Cramer, J. T., Bemben, D. A., Shehab, R. L., Anderson, M. A., & Bemben, M. G. (2010). The acute effect of whole-body low-frequency vibration on countermovement vertical jump performance in college-aged men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3433-3442. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c1ff7e.
- Latorre-Román, P. Á., García-Pinillos, F., Martínez-López, E. J., & Soto-Hermoso, V. M. (2014). Concurrent fatigue and postactivation potentiation during extended interval training in long-distance runners. *Motriz: Revista de Educação Física*, 20(4), 423-430. doi: dx.doi.org/10.1590/S1980-65742014000400009.
- Lima, J. C., Marin, D. P., Barquilha, G., Da Silva, L., Puggina, E., Pithon-Curi, T., & Hirabara, S. (2011). Acute effects of drop jump potentiation protocol on sprint and countermovement vertical jump performance. *Human Movement*, 12(4), 324-330. doi: 10.2478/v10038-011-0036-4.
- Lowery, R. P., Duncan, N. M., Loenneke, J. P., Sikorski, E. M., Naimo, M. A., Brown, L. E., . . . Wilson, J. M. (2012). The effects of potentiating stimuli intensity under varying rest periods on vertical jump performance and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3320-3325. doi: 10.1519/JSC.0b013e318270fc56.
- Maffiuletti, N. A., Pensini, M., & Martin, A. (2002). Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *Journal of Applied Physiology*, 92(4), 1383-1392.
- Martínez-Rodríguez, A., Mira-Alcaraz, J., Cuestas-Calero, B., Pérez-Turpín, J., & Alcaraz, P. (2017). La pliometría en el voleibol femenino. Revisión sistemática (Plyometric training in female volleyball players. Systematic review). *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 32, 208-213.
- McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical

- jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1285-1291. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d6867c.
- Mettler, J. A., & Griffin, L. (2012). Postactivation potentiation and muscular endurance training. *Muscle & nerve*, 45(3), 416-425.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336-341. doi: 10.2478/v10038-011-0036-4.
- Mola, J. N., Bruce-Low, S. S., & Burnet, S. J. (2014). Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1529-1537. doi: 10.1519/JSC.0000000000000313.
- Naclerio, F. (2010). *Entrenamiento deportivo: fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Naclerio, F., Faigenbaum, A. D., Larumbe-Zabala, E., Ratamess, N. A., Kang, J., Friedman, P., & Ross, R. E. (2014). Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(1), 232-239. doi: 10.1519/JSC.0b013e318295d7fb.
- Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Triplett, N. T. (2011). Control of resistance training intensity by the OMNI perceived exertion scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1879-1888. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e501e9.
- Picón, M., Chulvi-Medrano, I., Cortell-Tormo, J. M., Rial, T., & Rodríguez-Pérez, M. (2015). Efectos inmediatos sobre la potenciación post-activación utilizando oclusión parcial superimpuesta. *Archivos de medicina del deporte*, 32(6), 368-373.
- Rassier, D., & Macintosh, B. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499-508.
- Requena, B., de Villarreal, E. S., Gapeyeva, H., Erelina, J., García, I., & Pääsuke, M. (2011). Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 367-373. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181be31aa.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(3), 456-464.
- Rhea, M. R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size statistic. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 918-920. doi: 10.1519/00124278-200411000-00040.
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 453-458.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
- Sapstead, G., & Duncan, M. (2013). Acute effect of isometric mid-thigh pulls on postactivation potentiation during stretch-shortening cycle and non-stretch-shortening cycle vertical jumps. *Medicina Sportiva*, 17(1), 7-11. doi: 10.5604/17342260.1041878.
- Scott, S. L., & Docherty, D. (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 201-205.
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240. doi: 10.1007/s40279-015-0415-7.
- Suchomel, T. J., Lamont, H. S., & Moir, G. L. (2016). Understanding vertical jump potentiation: A deterministic model. *Sports Medicine*, 46(6), 809-828. doi: 10.1007/s40279-015-0466-9.
- Till, K. A., & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1960-1967. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b8666e.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166.
- Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2014). The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 367-372. doi: 10.1519/JSC.0b013e318299a214.
- Thomas, K., Toward, A., West, D., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Heavy resistance exercise induced increases in jump performance are not explained by changes in neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(1), 35-44. doi: 10.1111/sms.12626.
- Turki, O., Chaouachi, A., Drinkwater, E. J., Chtara, M., Chamari, K., Amri, M., & Behm, D. G. (2011). Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2453-2463. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822a5a79.
- Turner, A. P., Sanderson, M. F., & Attwood, L. A. (2011). The acute effect of different frequencies of whole-body vibration on countermovement jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(6), 1592-1597.
- Vandenboom, R., Grange, R. W., & Houston, M. E. (1995). Myosin phosphorylation enhances rate of force development in fast-twitch skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*, 268(3), C596-C603.
- Vandervoort, A., Quinlan, J., & McComas, A. (1983). Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental neurology*, 81(1), 141-152.
- Voelzke, M., Stutzig, N., Thorhauer, H., & Granacher, U. (2012). Promoting lower extremity strength in elite volleyball players: Effects of two combined training methods. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 15(5), 457-462. doi: 10.1016/j.jsams.2012.02.004.
- Wilmore, J. H., Kenney, L. W., & Costill, D. L. (2011). *Physiology of sport and exercise*. Champaign: Human Kinetics.

